

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

Электроэнергетика
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
И.о.заведующего кафедрой
_____ Г.Н.Чистяков
подпись инициалы, фамилия
«_____» _____ 2018г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код - наименование направления

Электроснабжение магазина смешанных товаров по адресу:
г. Саяногорск, Заводской микрорайон, дом 41 Г
тема

Руководитель _____ «__» ____ 2018г. доцент каф. ЭЭ,к.т.н. А.В.Коловский
подпись, дата должность, ученая степень инициалы , фамилия

Выпускник _____ «__» ____ 2018г. М.А.Коршунова
подпись дата инициалы , фамилия

Нормоконтролер _____ «__» ____ 2018г. И.А.Кычакова
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Абакан 2018

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Электроснабжение магазина смешанных товаров по адресу: г. Саяногорск, Заводской микрорайон, дом 41 Г» содержит 57 страниц текстового документа, 25 использованных источников, 4 листа графического материала.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРОБОРУДОВАНИЕ, ВЫБОР
ОБОРУДОВАНИЯ, ЭЛЕКТРООСВЕЩЕНИЕ, КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ

Проектируемый объект – магазин смешанных товаров по адресу: г. Саяногорск, Заводской микрорайон, дом 41 Г.

Цель работы: разработка системы электроснабжения магазина смешанных товаров.

Задачи:

- Распределение нагрузки по группам и расчет мощности;
- Расчет электроосвещения;
- Выбор сечений проводов и кабелей, коммутационных аппаратов, распределительных пунктов;
- Расчет токов короткого замыкания, проверка оборудования.

Разработана система электроснабжения магазина смешанных товаров по адресу: г. Саяногорск, Заводской микрорайон, дом 41 Г, с учетом требований действующих нормативных документов. Рассчитаны электрические нагрузки групповых линий и щитов. Произведен светотехнический расчет освещения и выбраны источники освещения их расположение. Выбранное электротехническое оборудование проверено на действие токов короткого замыкания.

ABSTRACT

The final qualifying work on the topic "Power supply for a mixed goods store at the address: Sayanogorsk, Factory Microdistrict, 41 G" contains 57 pages of a text document, 25 sources used, 4 sheets of graphic material.

ELECTRICAL SUPPLY, ELECTRICAL EQUIPMENT, SELECTION OF EQUIPMENT, ELECTRIC EQUIPMENT, SHORT CIRCUIT

The projected object is a mixed goods store at the address: Sayanogorsk, Zavodskoy microdistrict, 41G.

The purpose of the work: the development of a power supply system for a mixed goods store.

Tasks:

- Load distribution by groups and power calculation;
- Calculation of electric lighting;
- Selection of cross-sections of wires and cables, switching devices, distribution points;
- Calculation of short-circuit currents, equipment check.

A power supply system for a mixed goods store was developed at the address: Sayanogorsk, Zavodskoy microdistrict, 41 G, taking into account the requirements of the current regulatory documents. The electrical loads of the group lines and shields are calculated. Lighting calculation of illumination is made and light sources are chosen. Their chosen electrical equipment is checked for short-circuit currents.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Теоретическая часть	6
1.1 Нормативные требования к системам электроснабжения магазина	6
1.2 Анализ предоставленных данных	9
1.3 Характеристика объекта и приемников электроэнергии.....	10
2 Аналитическая часть.....	12
2.1 Светотехнический расчет системы освещения.....	12
2.2 Электротехнический расчет системы освещения.....	16
2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок силовых пунктов.....	21
2.4 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам	26
2.5 Расчет нагрузки главного распределительного устройства объекта.....	27
3 Практическая часть. Проектирование сети внутреннего электроснабжения..	31
3.1 Выбор коммутационных аппаратов.....	34
3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции	37
3.3 Выбор распределительных пунктов	38
3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения.....	39
3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования	41
3.5.1 Расчет токов КЗ.....	41
3.5.2 Проверка электрооборудования на термическую и электродинамическую стойкость.....	44
3.5.3 Расчет токов трехфазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по отключающей способности.....	45
3.5.4 Расчет токов однофазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по чувствительности	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	55

ВВЕДЕНИЕ

Особенность электроснабжения объектов торговли заключается не только в высокой насыщенности и разветвленности внутренних электросетей, но так же, в мощностях потребления электроэнергии различными установками.

Системы кондиционирования воздуха, холодильное оборудование витрин, насосы имеют высокую единичную мощность по сравнению с осветительной нагрузкой и большинством бытовых электроприборов.

Один из важных факторов, который влияет на продажи в торговых магазинах – это освещение. При создании комфортной обстановки для покупателя освещение является очень важной составляющей, которая может как увеличивать продажи, так и уменьшать их. Кроме того часто выполняется питание как силовой так и осветительной сети от одного распределительного пункта или щита, что требуется учитывать при расчете нагрузки.

1 Теоретическая часть

1.1 Нормативные требования к системам электроснабжения магазина

Электрическая энергия от ВРУ до электроприемников распределяется по сетям, имеющим различные схемы построения. Выбор схемы зависит от территориального расположения приемников электрической энергии относительно ВРУ, а также относительно друг друга, величины установленной мощности отдельных электроприемников и надежности электроснабжения.

Правильно составленная схема должна обеспечить простоту и удобство эксплуатации; быть экономичной по капитальным затратам на её сооружение, расходу цветных металлов, эксплуатационным расходам и потерям электроэнергии. Кроме того, схема питания должна допускать применение индустриальных и скоростных методов монтажа.

По назначению осветительные и силовые сети делятся на питающие и распределительные.

Питающей сетью называют линии от ВРУ здания до групповых щитков освещения и силовых распределительных пунктов, распределительной — линии, идущие от силовых распределительных пунктов, а групповой линии от групповых щитков освещения до светильников.

Каждую питающую линию, отходящую от ВРУ здания, можно выполнять по схемам радиальной, магистральной и радиально-магистральной (смешанной). При питании от радиальной линии электрическая нагрузка присоединяется только в конце линии в точке питания, а при питании от магистральной линии отдельные нагрузки присоединяются на всем ее протяжении.

Радиальная схема обеспечивает высокую надежность питания отдельных потребителей, так как при аварии в питающей линии прекращает работу только один или несколько электроприемников, в то время как остальные электроприемники других линий продолжают нормально действовать. В осветительных сетях радиальная схема питания почти не применяется из-за высокой стоимости сооружения и значительного расхода цветного металла.

В силовых сетях радиальные линии применяют для непосредственного питания отдельных мощных электроприемников, находящихся друг от друга на большом расстоянии, или отдельных силовых распределительных пунктов, питающих электроприемники небольшой мощности, которые расположены отдельными группами.

Основным требованием при построении осветительной сети является обеспечение бесперебойности питания, так как внезапное прекращение освещения может привести к несчастным случаям. Правильно составленная схема питания должна либо исключать случаи аварийного прекращения освещения, либо свести их до минимума. Выполнения указанных требований достигают соответствующим построением схемы осветительной сети. Согласно [12] в общественных зданиях кроме рабочего освещения должно быть предусмотрено и аварийное, обеспечивающее продолжение работы или безопасную эвакуацию людей из здания.

Осветительная установка обеспечивается более надежной схемой питания. Схема питания рабочего и аварийного освещения называется перекрестной.

При проектировании осветительных и силовых сетей следует стремиться к варианту, удовлетворяющему всем техническим требованиям: надежности действия сетей, удобству и безопасности эксплуатации, экономичности. Важнейшим условием надежности

электрических сетей и оборудования, а также безопасности их обслуживания является правильный их выбор в зависимости от технологического назначения помещений, в которых они должны работать. Особенно важно это при выборе сетей и электрооборудования для пожаро- и взрывоопасных помещений.

Неблагоприятные условия окружающей среды (пыль, влажность, химически активная среда, высокая температура и т. п.) могут повредить изоляцию проводов сети и электрооборудования и привести к пробоям, а это нередко вызывает короткие замыкания и выход из строя электрической сети и электрооборудования, а также поражение обслуживающего персонала электрическим током. Для того чтобы правильно выбрать для каждого помещения электрическую проводку и электрооборудование, необходимо определить, к какой категории относится то или иное помещение (например, к категории сухих, влажных, особо сырых, жарких, пыльных, с химически активной средой, пожаро- или взрывоопасных). Затем нужно согласно требованиям ПУЭ выбрать для каждого помещения соответствующую марку проводов и кабелей, способ прокладки сетей, а также наполнение осветительной арматуры и электрооборудования.

Сети электрического освещения предназначены для электроснабжения осветительных установок. Осветительные сети обычно не совмещаются с силовыми сетями. Тем не менее, питание осветительных установок обычно производится от общих для силовых и осветительных сетей.

Особенностями осветительных электрических сетей по сравнению с силовыми сетями являются: значительная протяженность и разветвленность, небольшие мощности отдельных электроприемников и участков сети, наличие установок рабочего и аварийного освещения. Чтобы световой поток ламп не падал ниже определенной величины, действующим ГОСТ 32144 2013 установлено, допустимое отклонение

напряжения в пределах $\Delta U = \pm 10\%$, т.е. 10% от номинального напряжения осветительной сети можно потерять до наиболее удаленного светильника от источника питания.

Система электроснабжения магазина должна быть выполнена в соответствии с действующими:

СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»;

ПУЭ 7-е издание «Правила устройств электроустановок»;

СП-31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий»;

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

В соответствии с инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122-87 молниезащита данного объекта не требуется.

1.2 Анализ предоставленных данных

В таблице 1.1 приведена ведомость электрических нагрузок магазина с указанием количества потребителей на розеточную сеть и их общей мощностью.

Таблица 1.1 - Ведомость электрических нагрузок магазина

Наименование	Обозначение на плане	U _{ном} , В	Кол-во потребителей	Общая мощность ЭП, кВт
1	2	3	4	5
Тепловая завеса	1Т	220	1	9,0
Тепловая завеса	2Т	220	1	9,0
Торговый зал 1				
Розеточная сеть	гр.1-6р	220	5	2,0
Розеточная сеть	гр.1-7р	220	3	2,0
Розеточная сеть	гр.1-8р	220	4	2,0
Розеточная сеть	гр.1-9р	220	3	1,8

Окончание таблицы 1.1

1	2	3	4	5
Розеточная сеть	гр.1-10р	220	3	1,8
Розеточная сеть	гр.1-11р	220	3	2,2
Торговый зал 2				
Розеточная сеть	гр.2-6р	220	6	1,8
Розеточная сеть	гр.2-7р	220	2	1,5
Розеточная сеть	гр.2-8р	220	4	2,0
Розеточная сеть	гр.2-9р	220	3	2,0
Розеточная сеть	гр.2-10р	220	3	1,5
Торговый зал 3				
Рукошитель	гр.3-5р, 3Т	220	1	1,0
Розеточная сеть	гр.3-6р	220	5	1,5
Розеточная сеть	гр.3-7р	220	7	1,5
Розеточная сеть	гр.3-8р	220	2	2,0
Розеточная сеть	гр.3-9р	220	3	1,5
Розеточная сеть	гр.3-10р	220	4	2,2
Розеточная сеть	гр.3-11р	220	5	2,0
Розеточная сеть	гр.3-12р	220	4	1,5
Розеточная сеть	гр.3-13р	220	4	2,2

1.3 Характеристика объекта и приемников электроэнергии

Магазин смешанных товаров расположен по адресу г.Саяногорск, Заводской микрорайон, дом 41Г, режимы работы магазина с 8:00 до 20:00 без обеда и выходных, специализация магазина заключается продажа смешанной формы товаров. Магазин предусматривает наличие, служебных, вспомогательных и бытовых помещений. Холодильные, силовые и тепловые оборудования различного назначения размещены в торговом этаже. Наиболее мощный приемник – Тепловая завеса 9 кВт. Остальные приборы объединены в розеточные группы. Используются одинарные розетки.

Потребители электроэнергии относятся ко 2 категории надежности электроснабжения. По роду тока электроприёмники относятся к

потребителям, работающим от сети переменного тока промышленной частоты (50 Гц), напряжения 220/380 В, число фаз равно 3. Режим работы электроприемников длительный, повторно-кратковременный. Здание имеет 2 этажа и цокольный этаж. Площадь второго этажа $755,6\text{ м}^2$, площадь первого $656,4\text{ м}^2$, площадь цокольного этажа $677,2\text{ м}^2$. Высота первого, второго этажей и цокольного 4 м.

2 Аналитическая часть

2.1 Светотехнический расчет системы освещения

Стадия расчета электроосвещения очень важна при проектировании. Правильно спроектированная система освещения способствует более безопасной работе персонала, снижению утомляемости, более рациональному использованию электрической энергии и повышению производительности труда.

В данном проекте предусматривается:

- 1) Рабочее освещение
- 2) Аварийное освещение

Светотехнический расчет будем производить по методу использования светового потока. Основная формула определения количества светильников в помещении:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta}, \quad (2.1)$$

где E_{\min} - минимальная нормированная освещенность, лк;

k – коэффициент запаса;

S – освещаемая площадь, м^2 ;

Z – коэффициент минимальной освещенности (коэффициент неравномерности освещения);

N – число светильников;

n – число ламп в светильнике;

η – коэффициент использования светового потока в долях единицы.

Нормированную освещенность для помещений будем выбирать по СП 52.13330. Коэффициент запаса k учитывает запыленность помещения, снижение светового потока ламп в процессе эксплуатации. Так как данный объект относится к объектам с низкой запыленностью, а так же с отсутствием

паров кислот и щелочей, значение коэффициента запаса примем равным 1,25. Коэффициент минимальной освещенности Z характеризует неравномерность освещения. Он является функцией многих переменных, точное его определение затруднительно, но в наибольшей степени он зависит от отношения расстояния между светильниками к расчетной высоте. При расположении светильников в линию (ряд), рекомендуется принимать $Z = 1,1$ для светодиодных светильников. Для определения коэффициента использования светового потока η находят индекс помещения i и предполагаемые коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка $r_{\text{п}}$, стен $r_{\text{с}}$, пола $r_{\text{р}}$. Обычно для светлых торговых помещений $r_{\text{п}}=70\%$, $r_{\text{с}}=50\%$, $r_{\text{р}}=30\%$. Для производственных помещений с незначительными пылевыведениями $r_{\text{п}}=50\%$, $r_{\text{с}}=30\%$, $r_{\text{р}}=10\%$.

Индекс помещения определяется по следующему выражению:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (2.2)$$

где A , B , h - длина, ширина и расчетная высота (высота подвеса светильника над рабочей поверхностью) помещения, м.

Так как высота потолков во всем здании равномерна и помещение одноэтажное, примем высоту подвеса светильника – 3,0м.

Значения коэффициента использования светового потока приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Значения коэффициента η

i	$r_{\text{п}}, \% 70$	50	30
	$r_{\text{с}}, \% 50$	30	10
	$r_{\text{р}}, \% 30$	10	10
0,5	28	21	18
1,0	49	40	36
3,0	73	61	58
5,0	80	67	65

Параметры для расчета количества светильников магазина приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Расчетные параметры для определения количества светильников

Участок	E_{\min}	k	S, м ²	Z	$\Phi_{\text{л}}$, лм	n, шт	i	η
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Цокольный этаж (отм.-3,65)			677,2					
Торговый зал	500	1,25	593,2	1,1	232788	79	8,05	45
Лестничная клетка	300	1,25	10,1	1,1	232788	2	8,05	45
Тепловой узел	300	1,25	10,8	1,1	232788	2	8,05	45
Служебное помещение	300	1,25	6,2	1,1	232788	2	8,05	45
Техническое помещение	300	1,25	14,6	1,1	232788	1	8,05	45
Электрощитовая	300	1,25	6,4	1,1	232788	2	8,05	45
Склад	150	1,25	35,9	1,1	232788	2	8,05	45
Первый этаж (отм.0.00)			656,4					
Торговый зал	500	1,25	605,9	1,1	232788	73	8,05	45
Лестничная клетка	300	1,25	22	1,1	232788	2	8,05	45
Служебное помещение	300	1,25	6	1,1	232788	3	8,05	45
Лестница	300	1,25	10,8	1,1	232788	5	8,05	45
Служебное помещение	300	1,25	1,2	1,1	232788	1	8,05	45
Тамбур	300	1,25	10,5	1,1	232788	5	8,05	45
Второй этаж (отм.+3,950)			755,6					
Торговый зал	500	1,25	706,7	1,1	232788	86	8,05	45
Лестничная клетка	300	1,25	23,7	1,1	232788	1	8,05	45
Служебное помещение	300	1,25	9,4	1,1	232788	2	8,05	45
Санузел	300	1,25	1,6	1,1	232788	1	8,05	45
Санузел	300	1,25	1,8	1,1	232788	1	8,05	45
Кабинет	400	1,25	12,4	1,1	227727	2	8,05	45

Результаты светотехнического расчета системы рабочего освещения магазина приведены в таблице 2.3

Таблица 2.3 – Данные по принятым лампам и светильникам

Участок	Кол-во светильников	Тип светильника	Мощность светильника
1	2	3	4
Цокольный этаж (отм.-3,65)			
Торговый зал	79	LP-econom	P=40 Вт
Лестничная клетка	2	CD LED18	P=18 Вт
Тепловой узел	2	CD LED30	P=30 Вт
Служебное помещение	2	LP-econom	P=40 Вт
Техническое помещение	1	CD LED18	P=18 Вт
Электрощитовая	2	CD LED18	P=18 Вт
Склад	2	CD LED30	P=30 Вт
Первый этаж (отм.0.00)			
Торговый зал	73	LP-econom	P=40 Вт
Лестничная клетка	2	CD LED18	P=18 Вт
Служебное помещение	3	LP-econom	P=40 Вт
Лестница	3	LP-econom	P=40 Вт
	2	CD LED18	P=18 Вт
Служебное помещение	1	CD LED30	P=30 Вт
Тамбур	3	LP-econom	P=40 Вт
	2	CD LED18	P=18 Вт
Второй этаж (отм.+3,950)			
Торговый зал	86	LP-econom	P=40 Вт
Лестничная клетка	1	CD LED18	P=18 Вт
Служебное помещение	2	LP-econom	P=40 Вт
Санузел	1	CD LED18	P=18 Вт
Санузел	1	CD LED18	P=18 Вт
Кабинет	2	LP-econom	P=40 Вт

Расположение светильников сети рабочего освещения указано на листе 1 графической части выпускной квалификационной работы.

Проектные решения приняты согласно типовым проектам 5.407-142, 5.407-64, 5.407-101, 5.407-112.

Аварийное освещение предназначено для безопасного завершения работы во время внезапного отключения сети рабочего освещения. Системы аварийного освещения следует устанавливать в помещениях с постоянно работающими людьми, а также в помещениях, в которых одновременно может находиться более 100 человек. Подробный список помещений, в которых следует устраивать систему аварийного освещения, указан в СП 52.13330.2011. Минимальная освещенность должна составлять 5% нормы и не менее 2 Лк внутри зданий.

В магазине система аварийного освещения расположена между, или параллельно основным светильникам. Для удовлетворения эстетических качеств светильники аварийного освещения выполняются такими же, как и светильники рабочего освещения в заданном помещении. Для достижения минимальных затрат светильники аварийного освещения использованы в составе системы рабочего освещения. При этом в нормальном режиме работы объекта освещение выполняется как системой рабочего, так и системой аварийного освещения. При переходе в аварийный режим и отключении системы рабочего освещения, в работе должны остаться только светильники системы аварийного освещения.

2.2 Электротехнический расчет системы освещения

Целью электротехнического расчета освещения является определение сечения кабеля, которым будет выполнена осветительная сеть, а также определение потери напряжения в осветительной сети.

Разобьем светильники на группы.

Таблица 2.4 – Нагрузка освещения, разбитая на группы

Щит освещения	Номер линии группы	Число светильников	Рсв, кВт	И _н , А
1	2	3	4	5
ЩО1	1-1	17	0,61	3,1
	1-2	22	0,76	3,8
	1-3	26	0,86	4,4
	1-4	14	0,4	2,1
	1-5	5	0,35	1,7
ЩО2	2-1	17	0,63	3,2
	2-2	22	0,68	3,5
	2-3	24	0,83	4,2
	2-4	12	0,36	1,8
	2-5	9	0,14	0,7
ЩО3	3-1	15	0,51	2,5
	3-2	22	0,65	3,3
	3-3	27	0,79	4,0
	3-4	30	0,94	4,7

Так как осветительные сети являются сетями с распределенной нагрузкой, то определение потерь напряжения и проверка сечения кабельных линий по допустимому отклонению напряжения выполняются методом моментов нагрузки.

Потери напряжения на каждом участке рассчитываются по формуле:

$$\Delta U = \frac{M}{K_c \cdot S} \quad (2.3)$$

где М – момент нагрузки;

K_c – коэффициент, зависящий от конфигурации сети и материала проводника, $K_c=72$ [16, табл.10.7];

S- сечение проводника.

Момент нагрузки - это сумма произведений мощности отдельных нагрузок на длину кабеля их питающих.

Произведем расчет освещения в линии от ВРУ до самого удаленного щита освещения.

Момент нагрузки равен:

$$M = L \cdot P_{PO} \quad (2.4)$$

где L – расстояния от ЩО до ВРУ;

P_{PO} - расчетная нагрузка освещения.

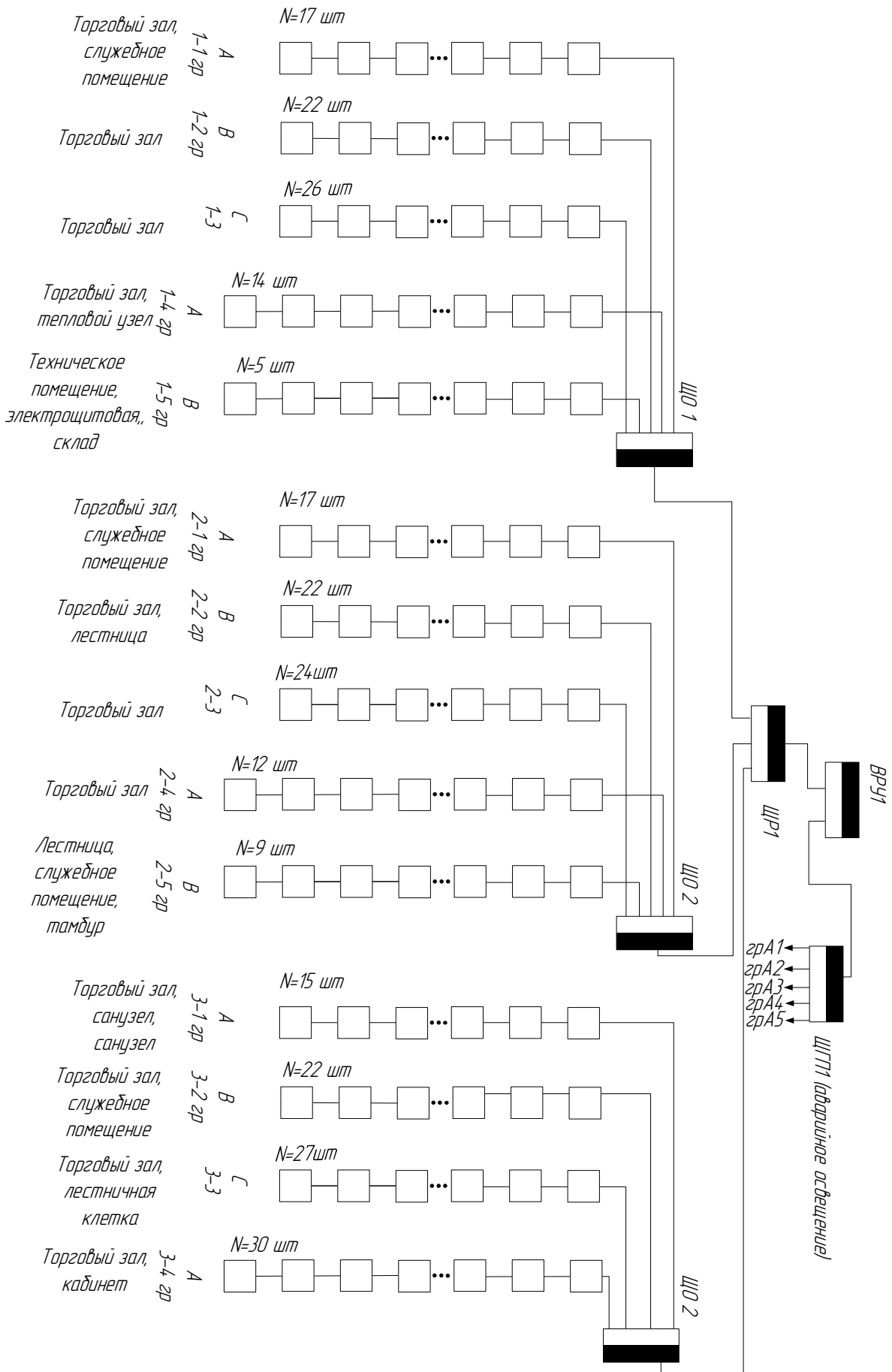
$$M = 10 \cdot 4,39 = 43,9 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

Потери напряжения в кабеле питающем ЩО1:

$$\Delta U \geq 5\%$$

Распределение разводки осветительной сети по фазам выглядит следующим образом: ЩО

Рисунок 2.1 – Структура разводки осветительной сети



Определяем моменты нагрузки:

$$M_P = P_L \cdot N_{Л.Р.} \cdot (l_1 + \frac{l_2}{2}) \quad (2.5)$$

где $N_{Л.Р.}$ - число светильников в одном ряду;

P_L - мощность одного светильника;

L_1 – длина участка линии от осветительного щитка до первого светильника;

L_2 - длина участка линии от осветительного щитка до последнего светильника.

Проверка отклонения напряжения удовлетворяет требованиям ГОСТ 32144-2013 если:

$$\Delta U_{ВРУ-ЩО} + \Delta U_{ГР} < \Delta U_{доп.пр.} \quad (2.6)$$

где $\Delta U_{доп.пр.} = 5\%$ - предельно допустимые потери напряжения в групповой осветительной сети.

Определяем суммарные моменты нагрузки:

$$M_{ГР1} = M_{P1} + M_{P6} \quad (2.7)$$

Определяем моменты нагрузки для фазы А:

$$M_{P1-2} = 0,04 \cdot 18 \cdot (6 + \frac{77}{2}) = 32$$

$$M_{P1-11} = 0,04 \cdot 13 \cdot (12 + \frac{71}{2}) = 24,7$$

$$M_{ГР1} = 32 + 24,7 = 56,7$$

$$\Delta U = 5\%$$

Определяем моменты нагрузки для фазы В:

$$M_{P1-3} = 0,04 \cdot 17 \cdot (8 + \frac{76}{2}) = 31,3$$

$$M_{P1-10} = 0,04 \cdot 6 \cdot (10 + \frac{73}{2}) = 11,2$$

$$M_{ГР1} = 31,3 + 11,2 = 42,4$$

$$\Delta U = 5\%$$

Определяем моменты нагрузки для фазы С:

$$M_{P1-5} = 0,04 \cdot 8 \cdot (8 + \frac{69}{2}) = 13,6; \quad M_{P1-8} = 0,04 \cdot 20 \cdot (9 + \frac{72}{2}) = 36$$

$$M_{P1} = 13,6 + 36 = 49,6; \quad \Delta U = \frac{49,6}{72 \cdot 1,5} = 0,46\%$$

Выбираем кабель сечением 1,5 мм², который удовлетворяет требованиям ГОСТ 32.144-2013.

2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок силовых пунктов

Вся силовая нагрузка распределена между двумя шкафами распределительными ШР1 и ШР2. Распределительные шкафы размещены на 1 этаже.

От ШР1 марки ПР-8-РУ-3204 запитана (силовая и осветительная) нагрузка, распределенная между тремя щитами ЩО1, ЩО2, ЩО3.

От ЩО1 запитана осветительная сеть: гр 1-1, гр 1-2, гр 1-3, гр 1-4, гр 1-5 и силовая сеть (розеточные группы): гр1-6р, гр 1-7р, гр 1-8р, гр 1-9р, гр 1-10р, гр 1-11р.

От ЩО2 запитана осветительная сеть: гр 2-1, гр 2-2, гр 2-3, гр 2-4, гр 2-5 и силовая сеть (розеточные группы): гр2-6р, гр 2-7р, гр 2-8р, гр 2-9р, гр 2-10р.

От ЩО3 запитана осветительная сеть: гр 3-1, гр 3-2, гр 3-3, гр 3-4 и силовая сеть (розеточные группы): гр 3-5 рукоосушитель - 1кВт, гр3-6р, гр 3-7р, гр 3-8р, гр 3-9р, гр 3-10р, гр 3-11р, гр 3-12р, гр 3-13р.

От ШР2 марки ПР-8-РУ-3204 запитаны Тепловые завесы мощностью 18 кВт.

Определения нагрузки создаваемой группой электроприемников присоединенных к силовому щиту, производится для выбора сечения линии,

питающей эту группу и коммутационно защитной аппаратуры. Расчет мощности электроприемников на силовом щите осуществляется по формуле:

$$P_{\text{рас}} = K_c \cdot P_{\Sigma \text{уст}} \quad (2.8)$$

где: K_c определяется по [таб.6.9, СП]

ШР1-ЩО1:

Розеточная сеть гр1-6р:

$$P_{1-6}=2,0 \text{ кВт} ; K_c=0,8; \cos\varphi =0,85; U=220 \text{ В.}$$

Розеточная сеть гр1-7р

$$P_{1-7}=2,0 \text{ кВт} ; K_c=0,8; \cos\varphi =0,85; U=220 \text{ В.}$$

Розеточная сеть гр1-8р

$$P_{1-8}=2,0 \text{ кВт} ; K_c=0,8; \cos\varphi =0,85; U=220 \text{ В.}$$

Розеточная сеть гр1-9р

$$P_{1-9}=1,8 \text{ кВт} ; K_c=0,8; \cos\varphi =0,85; U=220 \text{ В.}$$

Розеточная сеть гр1-10р

$$P_{1-10}=1,8 \text{ кВт} ; K_c=0,8; \cos\varphi =0,85; U=220 \text{ В.}$$

Розеточная сеть гр1-11р

$$P_{1-11}=2,2 \text{ кВт} ; K_c=0,8; \cos\varphi =0,85; U=220 \text{ В.}$$

Определим суммарную мощность электроприёмников :

$$P_{\text{сумм}} = P_{\text{ЩС.}} + P_{\text{ЩО}}, \text{ кВт} \quad (2.9)$$

$$P_{\text{сумм}} = 2+2+2+1,8+1,8+2,2+0,61+0,76+0,86+0,4+0,35+0,27=15,05 \text{ кВт}$$

Определим расчетную мощность:

$$P_{\text{рас}} = 0,8 \cdot 15,05 = 12,04 \text{ кВт}$$

Определим полную расчетную мощность:

$$S_{\text{рас}} = P_{\text{рас}} / \cos\varphi, \text{ ВА} \quad (2.10)$$

$$S_{\text{рас}} = 12,04 / 0,85 = 14,2 \text{ кВА}$$

Определим расчетный ток:

$$I_{\text{рас}} = S_{\text{рас}} / U, \text{ А} \quad (2.11)$$

$$I_{\text{рас}} = 14,2 / 220 = 64,4 \text{ А}$$

Дальнейшие расчеты по ШР1 представлены в таблице 2.4 работы ШР2:

Тепловая завеса 1: $P_1=9$ кВт ; $K_c=0,99$; $\cos\varphi =0,85$; $U=220$ В.

Тепловая завеса 2: $P_2=9$ кВт ; $K_c=0,99$; $\cos\varphi =0,85$; $U=220$ В.

Определим суммарную мощность электроприёмников :

$$P_{\text{сумм}} = P_{\text{ТЗ1}} + P_{\text{ТЗ2}}, \text{ кВт} \quad (2.12)$$

$$P_{\text{сумм}} = 9+9=18 \text{ кВт}$$

Определим расчетную мощность:

$$P_{\text{рас}} = 0,99 \cdot 18 = 18 \text{ кВт}$$

Определим полную расчетную мощность:

$$S_{\text{рас}} = P_{\text{рас}} / \cos\varphi, \text{ ВА} \quad (2.13)$$

$$S_{\text{рас}} = 18 / 0,85 = 21,2 \text{ кВА}$$

Определим расчетный ток:

$$I_{\text{рас}} = S_{\text{рас}} / U, \text{ А} \quad (2.14)$$

$$I_{\text{рас}} = 21,2 / 220 = 96,4 \text{ А}$$

Полученные результаты расчетов сведем в таблицу 2.5

Таблица 2.5– Расчет нагрузок силовых пунктов

№ п/п,	Наименование ЭП	количество ЭП п, шт	Мощность ЭП, Р,Вт	K_c	Р расч, Вт	S расч, ВА	I_p , А
1	2	3	4	5	6	7	8
ЩР-1							
ЩО-1							
линия1-6р	Розеточная сеть						
1	Компьютер	1	400				
2	Принтер	1	300				
3	Кондиционер	2	1000				
4	Чайник	1	300				
	итого :	5	2000	0,8	1600	1882	8,6
линия 1-7р	Розеточная сеть						
1	Морозилка	2	700				
2	Слайсер	1	300				
3	Кондиционер	1	1000				
	итого :	4	2000	0,8	1600	1882	8,6

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8
линия 1-8р	Розеточная сеть						
1	Термоупаковщик	1	500				
2	Горячий стол	1	300				
3	Чайник	1	1200				
	итого :	3	2000	0,8	1600	1882	8,6
линия 1-9р	Розеточная сеть						
1	Холодильник	1	500				
2	Холодильник	1	300				
3	Кондиционер	1	1000				
	итого:	3	1800	0,8	1440	1694	7,7
линия 1-10р	Розеточная сеть						
1	Компьютер	1	500				
2	Принтер	1	300				
3	СВЧ	1	1000				
	итого :	3	1800	0,8	1440	1694	7,7
линия 1-11р	Розеточная сеть						
1	Компьютер	1	500				
2	Принтер	1	300				
3	Кондиционер	1	1400				
	итого:	3	2200	0,8	1760	2071	9,4
	итого по ЩО-1	21	11800				
ЩО-2							
линия2-6р	Розеточная сеть						
1	Компьютер	2	300				
2	Принтер	1	200				
3	Кондиционер	2	1000				
4	Чайник	1	300				
	итого :	6	1800	0,8	1440	1694	7,7
линия 2-7р	Розеточная сеть						
1	Термоупокавщик	1	300				
2	Слайсер	1	200				
3	Кондиционер	1	1000				
	итого :	3	1500	0,8	1200	1412	6,4
линия 2-8р	Розеточная сеть						
1	Компьютер	2	500				
2	Принтер	1	300				
3	Чайник	1	1200				
	итого :	4	2000	0,8	1600	1882	8,6
линия 2-9р	Розеточная сеть						

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8
1	Компьютер	1	500				
2	Принтер	1	300				
3	Чайник	1	1200				
	итого:	3	2000	0,8	1600	1882	8,6
линия 2-10р	Розеточная сеть						
1	Компьютер	1	500				
2	Принтер	1	300				
3	Чайник	1	1200				
	итого :	3	2000	0,8	1600	1882	8,6
	итого по ЩО-2	19	9300				
ЩО-3							
линия3-5							
1	Рукосушитель	1	1000				
	итого :	1	1000	0,8	800	941	4,3
линия3-6р	Розеточная сеть						
1	Компьютер	1	200				
2	Принтер	1	200				
3	Кондиционер	2	800				
4	Чайник	1	300				
	итого :	5	1500	0,8	1200	1412	6,4
линия 3-7р	Розеточная сеть						
1	Морозилка	2	200				
2	Слайсер	1	200				
3	Термоупаковщик	1	200				
4	Морозилка	2	200				
5	Слайсер	1	200				
6	Кондиционер	1	500				
	итого :	8	1500	0,8	1200	1412	6,4
линия 3-8р	Розеточная сеть						
1	Кондиционер	1	800				
2	Чайник	1	1200				
	итого :	2	2000	0,8	1600	1882	8,6
линия 3-9р	Розеточная сеть						
1	Холодильник	1	300				
2	Холодильник	1	300				
3	Кондиционер	1	900				
	итого:	3	1500	0,8	1200	1412	6,4
линия 3-10р	Розеточная сеть						

Окончание таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8
1	Компьютер	1	500				
2	Принтер	1	300				
3	СВЧ	2	1400				
	итого :	4	2200	0,8	1760	2071	9,4
линия 3-11р	Розеточная сеть						
1	Компьютер	1	500				
2	Принтер	1	300				
3	Кондиционер	1	1200				
	итого:	3	2000	0,8	1600	1882	8,6
линия 3-12р	Розеточная сеть						
1	Компьютер	1	300				
2	Принтер	1	200				
3	СВЧ	2	1000				
	итого :	4	1500	0,8	1200	1412	6,4
линия 3-13р	Розеточная сеть						
1	Компьютер	1	500				
2	Принтер	1	300				
3	Кондиционер	1	1400				
	итого:	3	2200	0,8	1760	2071	9,4
	итого по ЩО-3	33	15400				
	итого по ШР1	73	36500				
ШР2							
1	Тепловая завеса	1	9000				
2	Тепловая завеса	1	9000				
	итого по ШР2	2	18000				

2.4 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам

Симметричная трехфазная система напряжений характеризуется одинаковыми по модулю и фазе напряжениями во всех трех фазах. При несимметричных режимах напряжения в разных фазах не равны.

Несимметричные режимы в электрических сетях возникают по следующим причинам:

- 1) неодинаковые нагрузки в различных фазах,
- 2) неполнофазная работа линий или других элементов в сети,

3) различные параметры линий в разных фазах.

Наиболее часто несимметрия напряжений возникает из-за неравенства нагрузок фаз. Поскольку основной причиной несимметрии напряжения является различие по фазам (несимметричная нагрузка), то это явление наиболее характерно для низковольтных электрических сетей 0,4 кВ.

В таблице 2.5 представлена несимметрия токов фаз. На рисунке 2.1 показано какие линии щита на какую фазу запитаны.

Таблица 2.6 – Несимметрия токов фаз

Группа	Фаза	Мощность Р, кВт	Несимметрия токов фаз
ШР1-ЩО1	А	11,8	12,5
ШР1-ЩО2	В	9,3	9,4
ШР1-ЩО3	С	15,4	13,0
ШР2	А	9	3,2
ШР2	В	9	3,2

2.5 Расчет нагрузки главного распределительного устройства объекта

Суммарная мощность здания:

$$P_{\text{супермаркета}} = P_{\text{торговый зал}} + P_{\text{подсобные помещения}}, \text{ кВт} \quad (2.12)$$

$$P_{\text{торговый зал}(1)} = K \cdot (P_{\text{роз.}} + P_{\text{осв.}}), \text{ кВт} \quad (2.13)$$

$$P_{\text{подсобные помещения}(2)} = K \cdot (P_{\text{роз.}} + P_{\text{осв.}}), \text{ кВт} \quad (2.14)$$

где К- коэффициент максимума использования;

$P_{\text{роз.}}$ - мощности розеточной группы;

$P_{\text{осв.}}$ - мощность осветительной нагрузки ;

Расчет осветительной нагрузки:

$$P_{\text{осв.нагр}} = P_{\text{освет.}} \cdot K_c \quad (2.15)$$

$P_{\text{освет.}}$ – суммарная мощность осветительной нагрузки ;

K_c – расчетный коэффициент спроса.

$$P_{\text{осв.нагр(1)}} = (0,61 + 0,76 + 0,86 + 0,4 + 0,35 + 0,27) \cdot 0,8 = 2,6 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{осв.нагр(2)}} = (0,63 + 0,68 + 0,83 + 0,36 + 0,14) \cdot 0,8 = 2,1 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{осв.нагр(3)}} = (0,51 + 0,65 + 0,79 + 0,94) \cdot 0,8 = 2,3 \text{ кВт}$$

Расчет мощности розеточной группы :

$$P_{\text{роз.гр}} = P_{\text{уд.р.}} \cdot n \cdot K_c \text{ кВт} \quad (2.16)$$

$P_{\text{уд.р.}}$ - установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт

n – число розеток.

$$P_{\text{роз.гр(1)}} = 0,06 \cdot 21 \cdot 0,8 = 1,01 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{роз.гр(2)}} = 0,06 \cdot 19 \cdot 0,6 = 0,68 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{роз.гр(2)}} = 0,06 \cdot 33 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ кВт}$$

Определение электрической нагрузки ЭП в целом по магазину:

$$P_{\text{магазина}} = 2,6 + 2,1 + 2,3 + 1,01 + 0,68 + 1,2 = 9,89 \text{ кВт}$$

Магазин по характеру помещения окружающей среды относится к классу нормальной средой, характеристика помещения сухое, в котором отсутствуют признаки, свойственные жарким, пыльным помещениям и помещениям с химически активной средой.

Характерной особенностью силовых сетей общественных зданий является их большая протяженность и наличие большого количества

коммутационно-защитной аппаратуры. Проектируемая схема электроснабжения выполнена на рисунке 2.3

где ШР1– распределительное устройство ПР-8-РУ-3204;

ШР2– распределительное устройство ПР-8-РУ-3202;

От ШР1 запитаны ЩО1, ЩО2, ЩО3 (осветительная и силовая нагрузка).

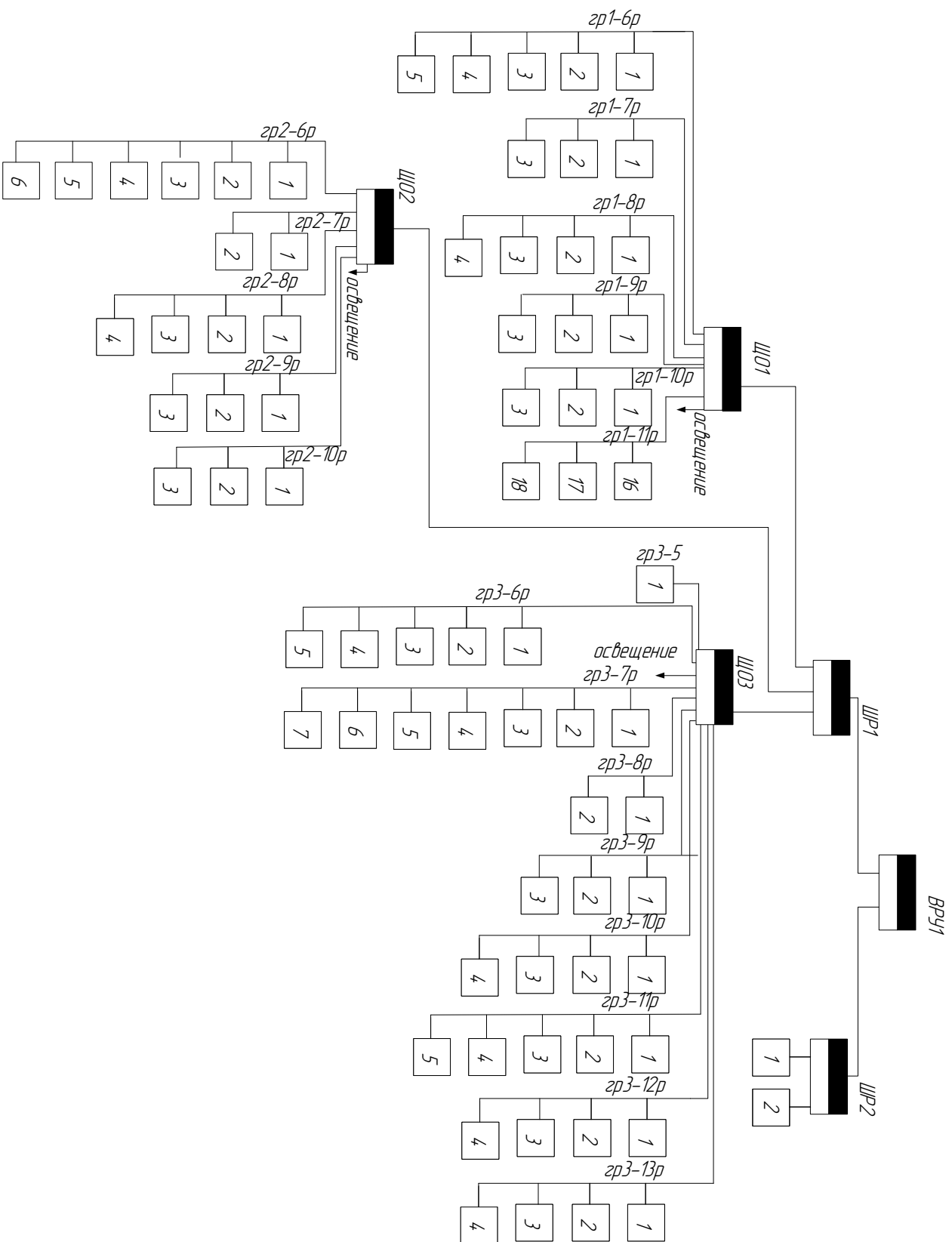


Рисунок 2.3 – Структура распределения электроэнергии по магазину

Электроприемники приведены в таблице 2.5.

3 Практическая часть. Проектирование сети внутреннего электроснабжения

Расчетную нагрузку, создаваемую одним приемников электроэнергии принимают равной номинальной мощности приемника. По этой нагрузке выбираем сечение питающего кабеля и коммутационно защитную аппаратуру.

Расчет первого уровня электроснабжения:

Рукопашитель: $P_2=100$ Вт ; $K_c=0,8$; $\cos\varphi=0,85$; $U=220$ В; $K=3$.

Определим полную мощность электроприемника:

$$S=P/\cos\varphi, \text{ кВА} \quad (3.1)$$

$$S=100/0,85=1,18 \text{ кВА}$$

Определим расчетный ток электроприемника:

$$I=S/U, \text{ А} \quad (3.2)$$

$$I=1,18/220 \cdot 1000= 5,3 \text{ А}$$

Определим ток пусковой:

$$I_{\text{пуск}}=I \cdot K, \text{ А} \quad (3.3)$$

где K – кратность пускового тока

$$I_{\text{пуск}}=5,3 \cdot 3=15,9 \text{ А}$$

Аналогичные расчеты производим и для остальных электроприемников, полученные результаты расчетов сведем в таблицу 3.1

Таблица 3.1 – Расчет первого уровня электроснабжения

№ п/п, марка групп	Наименование ЭП	количество ЭП п, шт	Мощность ЭП, Р,Вт	Класс U,В	cosφ	S расч, ВА	Ip , А	Iпуск , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЩР-1								
ЩО-1								
линия1-6р	Розеточная сеть							
1	Компьютер	1	400	220	0,85	471	2,1	
2	Принтер	1	300	220	0,85	353	1,6	
3	Кондиционер	2	1000	220	0,85	1176	5,3	
4	Чайник	1	300	220	0,85	353	1,6	8
линия 1-7р	Розеточная сеть							
1	Морозилка	2	700	220	0,85	824	3,7	11,2
2	Слайсер	1	300	220	0,85	353	1,6	
3	Кондиционер	1	1000	220	0,85	1176	5,3	16,0
линия 1-8р	Розеточная сеть							
1	Термоупаковщик	1	500	220	0,85	588	2,7	
2	Горячий стол	1	300	220	0,85	353	1,6	
3	Чайник	1	1200	220	0,85	1412	6,4	
линия 1-9р	Розеточная сеть							
1	Холодильник	1	500	220	0,85	588	2,7	8,0
2	Холодильник	1	300	220	0,85	353	1,6	4,8
3	Кондиционер	1	1000	220	0,85	1176	5,3	16,0
линия 1-10р	Розеточная сеть							
1	Компьютер	1	500	220	0,85	588	2,7	
2	Принтер	1	300	220	0,85	353	1,6	
3	СВЧ	1	1000	220	0,85	1176	5,3	
линия 1-11р	Розеточная сеть							
1	Компьютер	1	500	220	0,85	588	2,7	
2	Принтер	1	300	220	0,85	353	1,6	
3	Кондиционер	1	1400	220	0,85	1647	7,5	22,5
ЩО-2								
линия2-6р	Розеточная сеть							
1	Компьютер	2	300	220	0,85	353	1,6	
2	Принтер	1	200	220	0,85	235	1,1	
3	Кондиционер	2	1000	220	0,85	1176	5,3	16,0
4	Чайник	1	300	220	0,85	353	1,6	
линия 2-7р	Розеточная сеть							
1	Термоупаковщик	1	300	220	0,85	353	1,6	
2	Слайсер	1	200	220	0,85	235	1,1	
3	Кондиционер	1	1000	220	0,85	1176	5,3	16,0
линия 2-8р	Розеточная сеть							

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Компьютер	2	500	220	0,85	588	2,7	
2	Принтер	1	300	220	0,85	353	1,6	
3	Чайник	1	1200	220	0,85	1412	6,4	
линия 2-9р	Розеточная сеть							
1	Компьютер	1	500	220	0,85	588	2,7	
2	Принтер	1	300	220	0,85	353	1,6	
3	Чайник	1	1200	220	0,85	1412	6,4	
линия 2-10р	Розеточная сеть							
1	Компьютер	1	500	220	0,85	588	2,7	
2	Принтер	1	300	220	0,85	353	1,6	
3	Чайник	1	1200	220	0,85	1412	6,4	
ЩО-3								
линия3-5								
1	Рукосушитель	1	1000	220	0,85	1176	5,3	
линия3-6р	Розеточная сеть							
1	Компьютер	1	200	220	0,85	235	1,1	
2	Принтер	1	200	220	0,85	235	1,1	
3	Кондиционер	2	800	220	0,85	941	4,3	12,8
4	Чайник	1	300	220	0,85	353	1,6	
линия 3-7р	Розеточная сеть							
1	Морозилка	2	200	220	0,85	235	1,1	3,2
2	Слайсер	1	200	220	0,85	235	1,1	
3	Термоупаковщик	1	200	220	0,85	235	1,1	
4	Морозилка	2	200	220	0,85	235	1,1	3,2
5	Слайсер	1	200	220	0,85	235	1,1	
6	Кондиционер	1	500	220	0,85	588	2,7	8,0
линия 3-8р	Розеточная сеть							
1	Кондиционер	1	800	220	0,85	941	4,3	12,8
2	Чайник	1	1200	220	0,85	1412	6,4	
линия 3-9р	Розеточная сеть							
1	Холодильник	1	300	220	0,85	353	1,6	4,8
2	Холодильник	1	300	220	0,85	353	1,6	4,8
3	Кондиционер	1	900	220	0,85	1059	4,8	14,4
линия 3-10р	Розеточная сеть							
1	Компьютер	1	500	220	0,85	588	2,7	
2	Принтер	1	300	220	0,85	353	1,6	
3	СВЧ	2	1400	220	0,85	1647	7,5	
линия 3-11р	Розеточная сеть							
1	Компьютер	1	500	220	0,85	588	2,7	
2	Принтер	1	300	220	0,85	353	1,6	

Окончание таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Кондиционер	1	1200	220	0,85	1412	6,4	19,3
линия 3-12p	Розеточная сеть							
1	Компьютер	1	300	220	0,85	353	1,6	
2	Принтер	1	200	220	0,85	235	1,1	
3	СВЧ	2	1000	220	0,85	1176	5,3	
линия 3-13p	Розеточная сеть							
1	Компьютер	1	500	220	0,85	588	2,7	
2	Принтер	1	300	220	0,85	353	1,6	
3	Кондиционер	1	1400	220	0,85	1647	7,5	22,5
ШР2								
1	Тепловая завеса	1	9000	220	0,85	10588	13,9	
2	Тепловая завеса	1	9000	220	0,85	10588	13,9	

3.1 Выбор коммутационных аппаратов

Выбор автоматических выключателей производим по условию:

а) по номинальному току:

$$I_{\text{ср.рас.}} \geq I_p \quad (3.4)$$

где $I_{\text{ср.рас.}}$ – номинальный ток автомата, А.

б) по номинальному току теплового расцепителя:

$$I_{\text{ном.т.в.}} \geq K_n \cdot I_p \quad (3.5)$$

где $I_{\text{ном.т.в.}}$ – номинальный ток срабатывания токовой отсечки, А;

$K_n=1,1$ – коэффициент надежности.

в) по условию защиты автомата защищаемая линия, должна быть согласована по условию:

$$I_{\text{ср.рас.}} \geq I_z \quad (3.6)$$

$$I_{\text{ср.рас.}} \leq (K_{\text{ус.прок.}} \cdot I_{\text{доп}}) / K_{\text{защ}} \quad (3.7)$$

где $K_{\text{ус.прок.}}$ – прокладочный коэффициент на условия прокладки кабеля [7, УП];

$I_{\text{доп}}$ – длительный ток кабеля, А;

$K_{\text{защ}}$ – коэффициент защиты, который равен 1, представляющий собой отношения длительного тока для провода или кабеля к параметру защитного устройства, [1, таб.7.6];

I_z - ток срабатывания автомата.

Выбор вводных автоматов на пункт распределительный сведем в таблицу 3.2

Таблица 3.2 - Выбор вводных автоматов на пункт распределительный

№	I_p , А	Сечение кабеля	$I_{\text{ном.}}$, А	$K_{\text{ус.прок}}$	$K_{\text{защ}}$	$I_{\text{доп}}$, А	$I_{\text{ср.рас.}}$	Тип выключателя	Номинальный ток выключателя, А
1	2	3	4	5	6	4	7	8	9
ВРУ	97,7	АВБбШв 4х240	107,5	0,95	1	369	350,6	ВА 57-35	125
ШР1	64	АВВГ 4х95+1х16	70,4	0,95	1	204	193,8	ВА 47-100	100
ЩО1	21,5	ВВГ 5х10	23,7	0,95	1	50	47,5	ВА 47-63	63
ЩО2	16,4	ВВГ 5х10	18,0	0,95	1	50	47,5	ВА 47-29	63
ЩО3	26,2	ВВГ 5х10	28,8	0,95	1	50	47,5	ВА 47-29	63
ШР2	27,9	ВВГ 5х10	30,7	0,95	1	50	47,5	ВА 47-63	63
ЩГП1	2,7	ВВГ 5х4	3,0	0,95	1	29	27,6	ВА 47-29	25

Выбор автоматов защиты отходящих линий сведем в таблицу 3.3

Таблица 3.3 – Выбор автоматов защиты отходящих линий

№	I_p , А	Марка кабеля	$I_{\text{доп}}$, А	$K_{\text{ус.прок}}$	$K_{\text{защ}}$	$I_{\text{ср.рас.}}$	Тип автомата	Номинальный ток выключателя	Отключающая способность
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ЩР-1									
ЩО-1									
линия 1-1	3,1	ВВГ 3х1,5	10	0,95	1	9,5	ВА 47-63-1В	10	2500
линия 1-2	3,8	ВВГ 3х1,5	10	0,95	1	9,5	ВА 47-63-1В	10	2500
линия 1-3	4,4	ВВГ 3х1,5	10	0,95	1	9,5	ВА 47-63-1В	10	2500

Окончание таблицы 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
линия1-4	2,1	ВВГ 3х1,5	10	0,95	1	9,5	ВА 47-63-1В	10	2500
линия 1-5	1,7	ВВГ 3х1,5	10	0,95	1	9,5	ВА 47-63-1В	10	2500
линия1-6р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
линия 1-7р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
линия 1-8р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
линия 1-9р	7,7	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
линия 1-10р	7,7	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
линия 1-11р	9,4	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	ВА 47-63-1В	25	4500
ЩО-2									
линия 2-1	3,2	ВВГ 3х1,5	10	0,95	1	9,5	ВА 47-63-1В	10	2500
линия 2-2	3,5	ВВГ 3х1,5	10	0,95	1	9,5	ВА 47-63-1В	10	2500
линия 2-3	4,2	ВВГ 3х1,5	10	0,95	1	9,5	ВА 47-63-1В	10	2500
линия 2-4	1,8	ВВГ 3х1,5	10	0,95	1	9,5	ВА 47-63-1В	10	2500
линия 2-5	0,7	ВВГ 3х1,5	10	0,95	1	9,5	ВА 47-63-1В	10	2500
линия2-6р	7,7	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
линия 2-7р	6,4	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
линия 2-8р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
линия 2-9р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
линия 2-10р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
ЩО-3									
линия 3-1	3,2	ВВГ 3х1,5	10	0,95	1	9,5	ВА 47-63-1В	10	2500
линия 3-2	3,5	ВВГ 3х1,5	10	0,95	1	9,5	ВА 47-63-1В	10	2500
линия 3-3	4,2	ВВГ 3х1,5	10	0,95	1	9,5	ВА 47-63-1В	10	2500
линия 3-4	1,8	ВВГ 3х1,5	10	0,95	1	9,5	ВА 47-63-1В	10	2500
линия3-5	4,3	ВВГ 3х1,5	10	0,95	1	9,5	ВА 47-63-1В	10	2500
линия3-6р	6,4	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
линия 3-7р	6,4	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
линия 3-8р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
линия 3-9р	6,4	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
линия 3-10р	9,4	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
линия 3-11р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
линия 3-12р	6,4	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
линия 3-13р	9,4	ВВГ 3х2,5	26	0,95	1	24,7	АД-2, 30мА	25	4500
ШР2									
1	13,9	ВВГ 5х2,5	26	0,95	1	24,7	ВА 47-63-3 С	25	4500
2	13,9	ВВГ 5х2,5	26	0,95	1	24,7	ВА 47-63-3 С	25	4500

3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции

Сечения кабельных линий выбраны по условию максимально допустимого нагрева, вызванного длительного максимального тока.

Выбор сечений кабельной линии, питающей силовые щиты сведем в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Выбор сечений проводов и кабельных линий

№	I_p , А	Марка кабеля	$I_{доп}$, А	$r_{уд.кл.}$, Ом/км	$x_{уд.кл.}$, Ом/км
1	2	3	4	5	6
ВРУ	97,7	АВБбШв 4х240	369	0,130	0,0587
ШР1	64	АВВГ 4х95+1х16	204	0,329	0,0602
ЩО1	21,5	ВВГ 5х10	50	3,12	0,073
ЩО2	16,4	ВВГ 5х10	50	3,12	0,073
ЩО3	26,2	ВВГ 5х10	50	3,12	0,073
ШР2	27,9	ВВГ 5х10	50	3,12	0,073
ЩГП1	2,7	ВВГ 5х4	29	7,81	0,095

Выбор сечений кабельных линий, отходящих от щитков, кабельных линий, питающих отдельные потребители сведем в таблицу 3.5

Таблица 3.5 – Выбор сечений проводов и кабельных линий

№	I_p , А	Марка кабеля	$I_{доп}$, А	$r_{уд.кл.}$, Ом/км	$x_{уд.кл.}$, Ом/км
1	2	3	4	5	6
ЩР-1					
ЩО-1					
линия 1-1	3,1	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101
линия 1-2	3,8	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101
линия 1-3	4,4	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101
линия 1-4	2,1	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101
линия 1-5	1,7	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101
линия 1-6р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
линия 1-7р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
линия 1-8р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104

Окончание таблицы 3.5

1	2	3	4	5	6
линия 1-9р	7,7	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
линия 1-10р	7,7	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
линия 1-11р	9,4	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
ЩО-2					
линия 2-1	3,2	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101
линия 2-2	3,5	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101
линия 2-3	4,2	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101
линия 2-4	1,8	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101
линия 2-5	0,7	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101
линия 2-6р	7,7	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
линия 2-7р	6,4	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
линия 2-8р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
линия 2-9р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
линия 2-10р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
ЩО-3					
линия 3-1	3,2	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101
линия 3-2	3,5	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101
линия 3-3	4,2	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101
линия 3-4	1,8	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101
линия 3-5	4,3	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101
линия 3-6р	6,4	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
линия 3-7р	6,4	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
линия 3-8р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
линия 3-9р	6,4	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
линия 3-10р	9,4	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
линия 3-11р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
линия 3-12р	6,4	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
линия 3-13р	9,4	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104
ШР2					
1	13,9	ВВГ 5х2,5	26	12,5	0,104
2	13,9	ВВГ 5х2,5	26	12,5	0,104

3.3 Выбор распределительных пунктов

Распределительные пункты выбираем исходя из количества присоединений и рабочего тока самого пункта [1, стр.187]

Таблица 3.6 – Выбор распределительных пунктов

№	I _p , А	Тип РП	Число отходящих линий
1	2	3	4
ШР1	64,0	ПР-8-РУ-3204	6
ЩО1	21,5	ПР-8-РУ-3207	12
ЩО2	16,4	ПР-8-РУ-3207	12
ЩО3	26,2	ПР-8-РУ-3207	14
ШР2	27,9	ПР-8-РУ-3202	5
ЩГП1 (щит гарантированного питания)	2,7	ПР-8-РУ-3202	8

3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения

После того как произвели выбор сечения кабеля по длительно допустимому току, нужно проверить кабель на допустимые потери напряжения. Отклонение напряжения присоединенных к сети токоприемников не должно выходить за пределы допустимого по ГОСТ 32144-2013.

По длине линии присоединено несколько (n) нагрузок:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \sum_0^n I_{расч.} \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi), B \quad (3.8)$$

где I_{расч.} – расчетный ток, А;

L – длина участка, км;

cosφ – коэффициент мощности;

r₀ и x₀ - значения активных и реактивных сопротивлений определяем по таблице 2-5 [8].

Результаты расчетов сведем в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Проверка по допустимым потерям напряжения

№	I_p , А	Марка кабеля	$I_{доп}$, А	$r_{уд.кл.}$, Ом/км	$x_{уд.кл.}$, Ом/км	cos	sin	L, км	Потери, В	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЩР-1										
ЩО-1										
линия 1-1	3,1	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101	0,85	0,55	18,0	1,1	0,507
линия 1-2	3,8	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101	0,85	0,55	19,5	1,5	0,673
линия1-3	4,4	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101	0,85	0,55	27,0	2,4	1,079
линия1-4	2,1	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101	0,85	0,55	22,5	0,9	0,429
линия 1-5	1,7	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101	0,85	0,55	39,0	1,3	0,602
линия1-6р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	18,0	2,8	1,295
линия 1-7р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	16,0	2,5	1,151
линия 1-8р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	16,0	2,5	1,151
линия 1-9р	7,7	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	18,0	2,6	1,166
линия 1-10р	7,7	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	15,0	2,1	0,971
линия 1-11р	9,4	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	11,0	1,9	0,871
ЩО-2										
линия 2-1	3,2	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101	0,85	0,55	18,0	1,2	0,523
линия 2-2	3,5	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101	0,85	0,55	19,0	1,3	0,604
линия 2-3	4,2	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101	0,85	0,55	25,0	2,1	0,953
линия 2-4	1,8	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101	0,85	0,55	22,5	0,8	0,368
линия 2-5	0,7	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101	0,85	0,55	39,0	0,5	0,248
линия2-6р	7,7	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	19,5	2,8	1,263
линия 2-7р	6,4	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	25,5	3,0	1,376
линия 2-8р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	13,5	2,1	0,971
линия 2-9р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	18,0	2,8	1,295
линия 2-10р	8,6	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	18,0	2,8	1,295
ЩО-3										
линия 3-1	3,2	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101	0,85	0,55	18,0	1,2	0,523
линия 3-2	3,5	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101	0,85	0,55	25,0	1,7	0,794
линия 3-3	4,2	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101	0,85	0,55	22,0	1,8	0,839
линия 3-4	1,8	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101	0,85	0,55	25,0	0,9	0,409
линия3-5	4,278 0748 7	ВВГ 3х1,5	10	13,5	0,101	0,85	0,55	10,0	0,9	0,388
линия3-6р	6,417 1123	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	28,0	3,3	1,511
линия 3-7р	6,417 1123	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	27,0	3,2	1,457
линия 3-8р	8,556 1497 3	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	12,0	1,9	0,864
линия 3-9р	6,417 1123	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	19,0	2,3	1,025

Окончание таблицы 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
линия 3-10р	9,411 7647 1	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	12,0	2,1	0,950
линия 3-11р	8,556 1497 3	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	18,0	2,8	1,295
линия 3-12р	6,417 1123	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	20,0	2,4	1,079
линия 3-13р	9,411 7647 1	ВВГ 3х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	13,0	2,3	1,029
ШР2										
1	13,9	ВВГ 5х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	5,0	1,3	0,585
2	13,9	ВВГ 5х2,5	26	12,5	0,104	0,85	0,55	8,0	2,1	0,935

3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования

3.5.1 Расчет токов КЗ

Основной причиной нарушения нормального режима работы системы электроснабжения является возникновение в сети или в элементах электрооборудования короткого замыкания, вследствие повреждения изоляции или неправильных действий обслуживающего персонала. Для снижения ущерба, обусловленного выходом из строя электрооборудования при протекании токов КЗ, а также для быстрого восстановления нормального режима работы системы электроснабжения необходимо правильно определять токи КЗ и по ним выбирать электрооборудование, защитную аппаратуру (или же проверить уже выбранную на стойкость к току КЗ).

Расчет токов КЗ в сетях до 1000В в ВРУ выполняются в именованных единицах.

Определение токов КЗ начинается с составления схемы замещения.

Составим схему замещения для ВРУ :

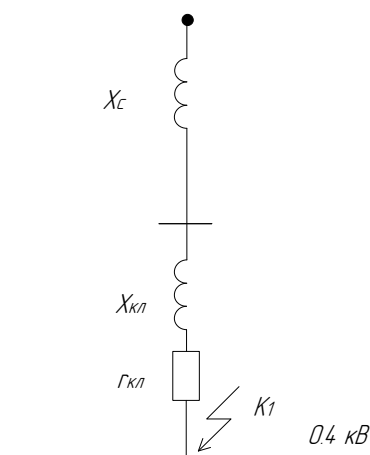


Рисунок 3.1 – Схема замещения сети

На шинах низкого напряжения трансформаторной подстанции ток короткого замыкания равен 6,4 кА. Тогда сопротивления внешней сети включающей в себя результирующее сопротивление сети 10 кВ сопротивления трансформатора определим по формуле:

$$X_{BH} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к.з.нн}}} \quad (3.9)$$

где $U_{\text{л}}$ - среднее номинальное напряжения 400 В.

$I_{\text{к.з.нн}}$ - ток короткого замыкания на шинах низкого напряжения трансформаторной подстанции.

$$X_{BH} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 6,4} = 36,1$$

Для кабеля ВВГ 4х240 протяженностью $L_{\text{кл1}}=224\text{м}$ по справочным данным были определены удельные активное и реактивное сопротивления:

Активное сопротивление : $R_{\text{уд.кл1}}= 0,130 \text{ Ом/км}$

Реактивное сопротивление: $X_{\text{уд.кл1}}=0,0587 \text{ Ом/км}$

$$R_{\text{л1}} = R_{\text{уд.кл1}} \cdot L_{\text{кл1}} , \text{ мОм} \quad (3.10)$$

$$R_{\text{л1}} = 0,13 \cdot 224 = 29,1 \text{ мОм}$$

$$X_{л1} = X_{уд,кл1} \cdot L_{кл1}, \text{ мОм} \quad (3.11)$$

$$X_{л1} = 0,0587 \cdot 224 = 13,1 \text{ мОм}$$

Рассчитаем сопротивление и ток к.з. в точке К₁ на вводе низкого напряжения ВРУ:

$$X_{\Sigma} = X_{л1} + X_{вн}, \text{ мОм} \quad (3.12)$$

$$X_{\Sigma} = 13,1 + 36,1 = 49,2 \text{ мОм}$$

Суммарное активное сопротивление должно учитывать переходные сопротивления контактов. Для этой цели в расчет вводят добавочное сопротивление, которое равно 15 мОм.

$$R_{\Sigma} = R_{доб} + R_{л1} + R_{п}, \text{ мОм} \quad (3.13)$$

$$R_{\Sigma} = 15 + 29,1 + 5 = 49,1 \text{ мОм}$$

Ток КЗ точке К₁:

$$I_{K1} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\Sigma}^2}} \quad (3.14)$$

$$I_{K1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{49,2^2 + 49,1^2}} = 3,328 \text{ кА}$$

3.5.2 Проверка электрооборудования на термическую и электродинамическую стойкость

Проверку оборудования осуществляем по условиям электродинамической стойкости. При этом должно, выполняться условие:

$$i_{y\partial} \leq I_{\partial c}, \quad (3.15)$$

где $i_{y\partial}$ - ударный ток КЗ;

$I_{\partial c}$ - ток электродинамической стойкости, кА.

$$i_{y\partial} = K_{y\partial} \cdot I_{m.k.z.}, \quad (3.16)$$

Так как $R_{\Sigma} > X_{\Sigma}$, то $K_{y\partial} = 1$ и ударный ток равен амплитуде тока установившегося КЗ.

Проверка автоматических выключателей.

Проверяем автоматические выключатели по условиям электродинамической стойкости, по наибольшей отключающей способности.

В силовых пунктах установлены автоматические выключатели серии АД2, ВА 47-100-3 и ВА 47-63-1В.

ВА 47-100-3 и ВА 47-63-1В с номинальными токами расцепителя 10А, 16А для которых $I_{\partial c} = 2,5$ кА, выбранный выключатель способен отключить ударный ток в точке КЗ:

$$I_{m.k.z.} = 3,328 \cdot \sqrt{2} = 2,407 \text{ кА} \quad (3.17)$$

$$2,407 < 2,5 \text{ кА}$$

Выбранный выключатель удовлетворяет условиям проверки.

3.5.3 Расчет токов трехфазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по отключающей способности

Расчет токов к.з. ниже 1 кВ, как правило, вводится в именованных единицах. Особенностью расчетов коротких замыканий в сетях ниже 1 кВ является тот факт, что необходимо учитывать сопротивления дуги и трансформатора тока. На автоматах для этой цели вводится дополнительное сопротивление, величина которого зависит от возникновения короткого замыкания.

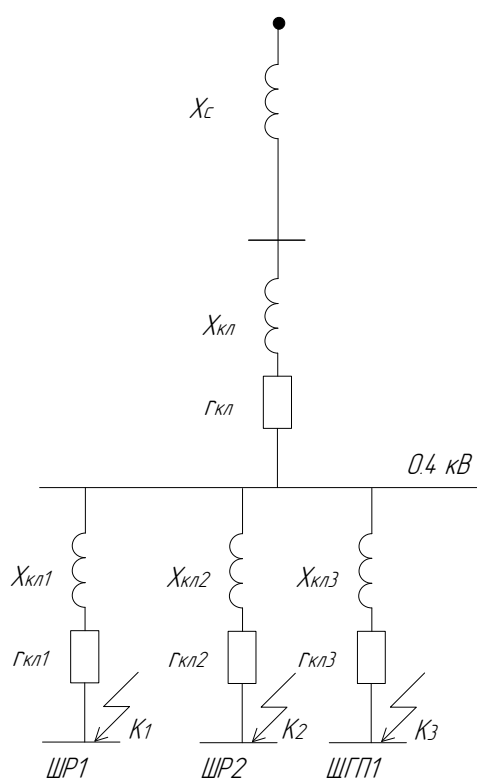


Рисунок 3.2 – Схема замещения элементов сети

Расчет тока трехфазного к.з. для точки K_1 :

Для кабеля АВВГ – 4х95+1х16 протяженностью $L_{кл1}=50$ м по справочным данным были определены удельные активное и реактивное сопротивления:

Активное сопротивление : $R_{уд.кл} = 0,329$ Ом/км

Реактивное сопротивление: $X_{уд.кл} = 0,0602$ Ом/км

$$R_{\Sigma} = R_{уд.кл} \cdot L_{кл} , \text{ мОм} \quad (3.18)$$

$$R_{\Sigma} = 0,329 \cdot 50 = 16,45 \text{ мОм}$$

$$X_{\Sigma} = X_{уд.кл} \cdot L_{кл} , \text{ мОм} \quad (3.19)$$

$$X_{\Sigma} = 0,0602 \cdot 50 = 3,01 \text{ мОм}$$

Рассчитаем сопротивление и ток кз в точке К1:

$$X_{\Sigma} = X_{\Sigma} + X_{л1} + X_{вн} , \text{ мОм} \quad (3.20)$$

$$X_{\Sigma} = 3,01 + 13,1 + 36,1 = 52,2 \text{ мОм}$$

Суммарное активное сопротивление должно учитывать переходные сопротивления контактов. Для этой цели в расчет вводят добавочное сопротивление, которое на шинах подстанции 20 мОм

$$R_{\Sigma} = R_{доб} + R_{л1} + R_{\Sigma} , \text{ мОм} \quad (3.21)$$

$$R_{\Sigma} = 20 + 29,1 + 16,45 = 65,6 \text{ мОм}$$

Ток трехфазного КЗ точке К1:

$$I_{K1} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\Sigma}^2}} \quad (3.22)$$

$$I_{K1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{52,2^2 + 65,6^2}} = 2,759 \text{ кА}$$

Аналогичные расчеты производим и для остальных точек к.з, полученные результаты расчетов сведем в таблицу 3.8

Таблица 3.8 – Результаты расчетов трехфазного тока КЗ

Точка КЗ	$X_{вн},$ МОм	$R_{л1},$ МОм	$X_{л1}$	$R_{удкл}$	$X_{удкл}$	$L_{кл},$ м	$R_{л},$ МОм	$X_{л},$ МОм	$R_{доб}$	$R_{сумм}$	$X_{сумм}$	$I_{кз}, кА$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
K1	36,1	29,1	13,1	0,329	0,0602	50	16,5	3,01	20	65,6	52,2	2,756
K2	36,1	29,1	13,1	3,12	0,073	7	21,8	0,51	20	70,9	49,7	2,666
K3	36,1	29,1	13,1	7,81	0,095	10	78,1	0,95	20	127,2	50,2	1,689

Проверим выключатели, защищающие кабельные линии напряжением 0,4 кВ. Проверку будем проводить по току КЗ:

$$I_{КЗ} \leq I_{o.c.}$$

где $I_{o.c.}$ - предельная отключаемая способность.

Таблица 3.9 – Проверка автоматических выключателей на отключающую способность

№	Точка КЗ	$I_{кз}, кА$	Тип выключателя	Предельная отключающая способность, кА
1	2	3	4	5
ШР1	K1	2,756	ВА 47-100	16
ШР2	K2	2,666	ВА 47-63	16
ЩГП1	K3	1,689	ВА 47-29	16

Автоматические выключатели по проверке на отключаемую способность проходят.

3.5.4 Расчет токов однофазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по чувствительности

Для правильного выбора параметров релейной защиты и автоматики в системе электроснабжения наряду с токами трехфазных КЗ необходимо знать токи несимметричных КЗ – в нашем случае однофазные КЗ, для проверки чувствительности автоматов НН к таким КЗ [11].

Ток однофазного замыкания на землю в сети 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью, равен утроенному току нулевой последовательности и определяется по формуле:

$$I_{K3} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_n} \quad (3.23)$$

U_{ϕ} - фазное напряжение сети;

$\frac{Z_T}{3}$ - сопротивление силового трансформатора при однофазном замыкании на корпус (принимается $Z_T = 10,6$ мОм при мощности трансформатора 250 кВА с обмотками Δ/Y_{H-11}).

Полное сопротивление петли: фазный - нулевой провод:

$$Z_n = \sqrt{(R_{\text{дуг.}} + R_{T.T.} + R_a + R_{\phi} + R_n + R_{\phi 1} + R_{n1} + R_{\phi 2} + R_{n2})^2 +} \\ + \sqrt{(X_{BH.} + X_{T.T.} + X_a + X_{\text{с'о}} + X_{кл} + X_{кл1} + X_{кл2})^2} \quad (3.24)$$

где R_A , X_A - активное и индуктивное сопротивление автоматических выключателей;

R_{ϕ} - суммарные активные сопротивления фазного провода всех участков рассчитываемой цепочки;

R_{TT} , X_{TT} - активное и индуктивное сопротивление трансформатора тока
 $R_{TT} = 0,00015$ Ом; $X_{TT} = 0,00021$ Ом;

X_{BH} - сопротивления внешней сети трансформатора;

$R_{\text{дуг}}$ - сопротивление дуги в точке КЗ;

R_n - сопротивление нейтрального провода;

$X_{\text{с'о}}$ - внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль, принимается равным 0,6 Ом/км;

Сопротивление кабельной линии от ТП до ВРУ, ВРУ до ШР, от ЩО, от ЩО до ЭП приемника.

Полное сопротивление петли: фазный - нулевой провод:

$$Z_n = \sqrt{(30 + 0,15 + 0,4 + 104,4 + 104,4 + 15,6 + 15,6 + 78 + 78)^2 + (36,1 + 0,21 + 0,99 + 0,6 + 24,1 + 1,6 + 1,825)^2} = 573,32 \text{ мОм}$$

Определим ток однофазного КЗ для силового щита линии 1:

$$I_{кз} = \frac{220}{\frac{10,6}{3} + 573,32} = 381,4 \text{ А}$$

Расчет однофазных коротких замыканий у остальных электроприемников производится аналогичным образом, а расчет сведем в таблицу 3.10

Таблица 3.10 –Результаты расчета токов однофазного КЗ

№	$X_{вн}$	$Z_{тр/3}$	$R_{дуг}$	$R_{ТТ}$	R_a	$X_{ТТ}$	X_a	$X_{Э/0}$	$X_{кл}$	L, M	R_{ϕ}	R_n	$X_{кл1}$	$R_{\phi1}$	$R_{н1}$	$X_{кл2}$	$R_{\phi2}$	$R_{н2}$	Z_n	$I_{кз}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ЩР-1																				
ЩО-1																				
линия 1-1	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	19,5	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,525	337,5	337,5	975,3	224,8
линия 1-2	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	27	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,525	337,5	337,5	980,7	223,5
линия1-3	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	22,5	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,525	337,5	337,5	977,4	224,3
линия1-4	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	39	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,525	337,5	337,5	989,4	221,6
линия 1-5	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	4	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,525	337,5	337,5	964,0	227,4
линия1-6р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	18	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	924,2	237,1
линия 1-7р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	16	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	922,7	237,5
линия 1-8р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	16	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	922,7	237,5
линия 1-9р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	18	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	924,2	237,1
линия 1-10р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	15	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	922,0	237,7
линия 1-11р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	11	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	919,1	238,4
ЩО-2																				
линия 2-1	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	18	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,525	337,5	337,5	974,2	225,0
линия 2-2	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	19	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,525	337,5	337,5	974,9	224,8
линия 2-3	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	25	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,525	337,5	337,5	979,2	223,9
линия 2-4	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	22,5	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,525	337,5	337,5	977,4	224,3
линия 2-5	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	39	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,525	337,5	337,5	989,4	221,6
линия2-6р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	19,5	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	925,3	236,9
линия 2-7р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	25,5	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	929,6	235,8
линия 2-8р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	13,5	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	920,9	238,0

Окончание таблицы 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
линия 2-9р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	18	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	924,2	237,1
линия 2-10р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	18	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	924,2	237,1
ЩО-3																				
линия 3-1	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	18	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,525	337,5	337,5	974,2	225,0
линия 3-2	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	25	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,525	337,5	337,5	979,2	223,9
линия 3-3	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	22	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,525	337,5	337,5	977,1	224,4
линия 3-4	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	25	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,525	337,5	337,5	979,2	223,9
линия 3-5	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	10	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,525	312,5	312,5	918,4	238,6
линия 3-6р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	28	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	931,4	235,3
линия 3-7р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	27	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	930,7	235,5
линия 3-8р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	12	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	919,8	238,3
линия 3-9р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	19	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	924,9	237,0
линия 3-10р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	12	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	919,8	238,3
линия 3-11р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	18	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	924,2	237,1
линия 3-12р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	20	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	925,6	236,8
линия 3-13р	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	13	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	920,6	238,1
ШР2																				
1	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	5	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	914,8	239,6
2	36,1	3,53	30	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	8	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,6	312,5	312,5	916,9	239,0

Проверка на чувствительность к токам однофазного КЗ проверяется по условию для автоматических выключателей с обратной зависимостью от тока характеристикой $I = I_{н.расц}$ [11].

$$I_{КЗ}^{(1)} \geq 3 \cdot I_{н.расц} \quad (3.25)$$

Проверка выполнена в таблице 3.11, где определен коэффициент чувствительности равный отношению тока однофазного КЗ к номинальному току расцепителя.

Таблица 3.11 – Результаты расчета проверки чувствительности автоматов к однофазным КЗ в сети 0,4 кВ

№	$I_{КЗ}$	Тип автомата	Номинальный ток выключателя, А	$I_{КЗ} / I_{н.в.}$
1	2	3	4	5
ЩР-1				
ЩО-1				
линия 1-1	224,8	ВА 47-63-1В	10	22,5
линия 1-2	223,5	ВА 47-63-1В	10	22,4
линия 1-3	224,3	ВА 47-63-1В	10	22,4
линия 1-4	221,6	ВА 47-63-1В	10	22,2
линия 1-5	227,4	ВА 47-63-1В	10	22,7
линия 1-6р	237,1	АД-2, 30мА	25	9,5
линия 1-7р	237,5	АД-2, 30мА	25	9,5
линия 1-8р	237,5	АД-2, 30мА	25	9,5
линия 1-9р	237,1	АД-2, 30мА	25	9,5
линия 1-10р	237,7	АД-2, 30мА	25	9,5
линия 1-11р	238,4	ВА 47-63-1В	25	9,5
ЩО-2			0	
линия 2-1	225,0	ВА 47-63-1В	10	22,5
линия 2-2	224,8	ВА 47-63-1В	10	22,5
линия 2-3	223,9	ВА 47-63-1В	10	22,4
линия 2-4	224,3	ВА 47-63-1В	10	22,4
линия 2-5	221,6	ВА 47-63-1В	10	22,2
линия 2-6р	236,9	АД-2, 30мА	25	9,5
линия 2-7р	235,8	АД-2, 30мА	25	9,4
линия 2-8р	238,0	АД-2, 30мА	25	9,5

Окончание таблицы 3.11

1	2	3	4	5
линия 2-9р	237,1	АД-2, 30мА	25	9,5
линия 2-10р	237,1	АД-2, 30мА	25	9,5
ЩО-3			0	
линия 3-1	225,0	ВА 47-63-1В	10	22,5
линия 3-2	223,9	ВА 47-63-1В	10	22,4
линия 3-3	224,4	ВА 47-63-1В	10	22,4
линия 3-4	223,9	ВА 47-63-1В	10	22,4
линия3-5	238,6	ВА 47-63-1В	10	23,9
линия3-6р	235,3	АД-2, 30мА	25	9,4
линия 3-7р	235,5	АД-2, 30мА	25	9,4
линия 3-8р	238,3	АД-2, 30мА	25	9,5
линия 3-9р	237,0	АД-2, 30мА	25	9,5
линия 3-10р	238,3	АД-2, 30мА	25	9,5
линия 3-11р	237,1	АД-2, 30мА	25	9,5
линия 3-12р	236,8	АД-2, 30мА	25	9,5
линия 3-13р	238,1	АД-2, 30мА	25	9,5
ШР2			0	
1	239,6	ВА 47-63-3 С	50	4,8
2	239,0	ВА 47-63-3 С	50	4,8

Для проверки автомата на чувствительность, проверяем токи КЗ в самой удаленной точке по каждому щиту. Если на самой удаленной точке автоматы почувствуют ток КЗ, то на остальных линиях тоже будут чувствительны автоматы [11].

Отключающая способность соответствует требованиям, значит все выбранные выключатели проходят по чувствительности и выбраны верно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом выпускной квалификационной работы является проект электроснабжения магазина смешанных товаров по адресу: г. Саяногорск, Заводской микрорайон, дом 41 Г. Система электроснабжения спроектирована с учетом действующих нормативных документов.

Рассчитана электрическая нагрузка ЭП в целом по магазину, рассчитаны электрические нагрузки по уровням электроснабжения.

Выбраны кабельные линии, вводное распределительное устройство и вводной автомат, щиты силовые совмещенные с осветительной нагрузкой, сечений проводов и кабельных линий и параметры коммутационно-защитных аппаратов.

Выбранное электротехническое оборудование проверено на действие токов короткого замыкания.

Проведены светотехнический и электротехнический расчеты освещения. Предусмотрено также аварийное и эвакуационное освещение.

Поставленная в работе цель достигнута, задачи решены в полном объеме в соответствии с выданным заданием.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Арзамасцев, Д.А. Снижение технологического расхода энергии в электрических сетях / Д.А. Арзамасцев, А.В. Липес. – М.: Высшая школа, 2014. – 127 с.
2. Блок, В.М. Электрические сети и системы / В.М. Блок. – М.: Высшая школа, 2012. – 430 с.
3. Бохмат, И.С. Снижение коммерческих потерь в электроэнергетических системах. / Электрические станции / В.Э. Воротницкий, Е.П.Татарин, 2014, №9.
4. Будзко, И.А. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов / М.С. Левин - М.: Агропромиздат, 2012. - 320с.
5. Веников, В.А. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей / под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2008. – 344 с.
6. Веников, В.А. Электрические системы. Т. 2: Электрические сети / В.А. Веников, А.А. Глазунов, В.А. Жуков, Л.А. Солдаткина; под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2010. – 438 с.
7. Веников, В.А. Электрические системы. Т. 2: Электрические сети / под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2011. – 440 с.
8. Воротницкий, В.Э. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / Железко Ю.С., Казанцев В.Н. - М.: Энергоатомиздат, 2008. - 368с.
9. Глазунов, А.А. Электрические сети и системы: учебник / А.А. Глазунов, А.А. Глазунов. – М.: Госэнергоиздат, 2010. – 368 с.
10. ГОСТ 17677-82. Светильники. Общие технические условия. Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/10/10583/>
11. ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1кВ». Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004630>
12. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в

- системах электроснабжения общего назначения. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200104301>
13. ГОСТ 6825 -91 «Лампы люминесцентные трубчатые для общего освещения». Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005327>
14. ГОСТ Р 51541-2014 Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения. Режим доступа: http://gostisnip.ru/dokumenty/gosty/energoberezhenie/gost_r_51541-99/
15. Ежков, В.В. Энергетические системы и сети в примерах и иллюстрациях: учебное пособие для энергетических специальностей / В.В. Ежков, Г.К. Зарудский, Е.Н. Зуев и др.; под ред. В.А. Строева. – М.: Высшая школа, 2009. – 352 с.
16. Кнорринг, Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения:/ под ред. Г.М. Кнорринга.- М: Энергия, 2002. -384 с.: ил.
17. Неклепаев, Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп./ И.П. Крючков – М.: Энергоатомиздат, 2013. – 608 с.: ил.
18. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 N 442 (ред. от 22.02.2016) "О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии" (вместе с "Основными положениями функционирования розничных рынков электрической энергии", "Правилами полного и (или) частичного ограничения режима потребления электрической энергии") // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_130498/
19. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) 7-ое издание. Главы 1.1-1.2, 1.7-1.9, 2.4-2.5, 4.1-4.2, 7.1-7.2, 7.5-7.6, 7.10, раздел 6. – М.: Ростехнадзор, 2010. – 411 с.
20. Приказ ФСТ России от 10.10.2014 N 225-э/1 "О предельных уровнях тарифов на электрическую энергию (мощность) на 2016 год"

- (Зарегистрировано в Минюсте России 28.10.2014 N 34488) [Электронный ресурс]. Приложение N 4 к приказу Федеральной службы по тарифам от 10 октября 2014 г. N 225-э/1// Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
21. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 N 1715-р. Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». Режим доступа: http://energoeducation.ru/wpcontent/uploads/2015/11/LAW94054_0_20151002_142857_54007.pdf
22. Расчет электрических нагрузок в системах электроснабжения: Методические указания к выполнению курсового и дипломного проектирования для студентов специальности 100400 «Электроснабжение (по отраслям)» всех форм обучения / сост. Н.В. Дулесова. – Красноярск, 2012. - 28 с.
23. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. – Взамен ВСН 59-88; введ. 26.10.2003.
24. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети: в 2т./ под ред. А.А. Федорова, и Г.В. Сербиновского - 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергия, 2014. – 576с.: ил.
25. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения: методическое пособие для курсового проектирования. / В. П. Шеховцов. – М.: ФОРУМ: - ИНФРА – М, 2010 – 214 с.: ил.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

Электроэнергетика
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

И.о.заведующего кафедрой

Г.Н.Чистяков
подпись инициалы, фамилия

«25» 06 2018г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код - наименование направления

Электроснабжение магазина смешанных товаров по адресу:
г. Саяногорск, Заводской микрорайон, дом 41 Г
тема

Руководитель А.В.Коловский «23» 06 2018г. доцент каф. ЭЭ,к.т.н. А.В.Коловский
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник М.А.Коршунова «23» 06 2018г. М.А.Коршунова
подпись дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер И.А.Кычакова «25» 06 2018г. И.А.Кычакова
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Абакан 2018